

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 10-300442

(43)Date of publication of application : 13.11.1998

(51)Int.Cl.

G01B 11/24
G02B 21/06
G02B 21/36

(21)Application number : 09-120096

(71)Applicant : TAKAOKA ELECTRIC MFG CO LTD

(22)Date of filing : 24.04.1997

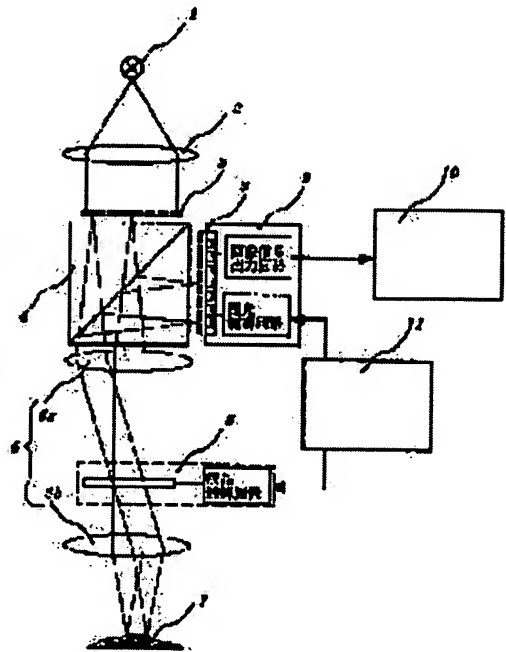
(72)Inventor : ISHIHARA MITSUHIRO

(54) SHAPE MEASURING DEVICE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To change NA at high speed without deteriorating S/N by providing the number of an opening changing means for electrically changing the aperture size of an objective lens and a control means for controlling the aperture and the exposing time of a detector.

SOLUTION: A shape of an object 7 is measured by changing the positional relation between the focal plane of a two-dimensional alignment confocal optical system and the object 7 to store images every change in a signal processing device, and signal-processing a plurality of confocal images to determine the image providing the maximum value for each picture element. An NA of the objective lens 6 is changed by the number of an opening changing means 5. The number of an opening changing means 5 is arranged in the aperture position of the objective lens 6 to change the aperture size, whereby the NA is controlled. The output signal from a CCD sensor is outputted to a signal processing device 10 by an image signal output circuit. An exposure start signal and an exposure end signal are controlled by a control means 11 to provide an image in an optional exposing time. The relation between the aperture size and the exposing time of a detector array 9 is determined to control them by the control means 11.



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平10-300442

(43) 公開日 平成10年(1998)11月13日

(51) Int.Cl.⁶

識別記号

F I

G 0 1 B 11/24

G 0 1 B 11/24

C

G 0 2 B 21/06

G 0 2 B 21/06

21/36

21/36

審査請求 未請求 請求項の数 2 F D (全 6 頁)

(21) 出願番号 特願平9-120096

(22) 出願日 平成9年(1997)4月24日

(71) 出願人 000002842

株式会社高岳製作所

東京都千代田区大手町2丁目2番1号

(72) 発明者 石原 満宏

愛知県西春日井郡西枇杷島町芳野町3丁目

1番地 株式会社高岳製作所技術開発セン

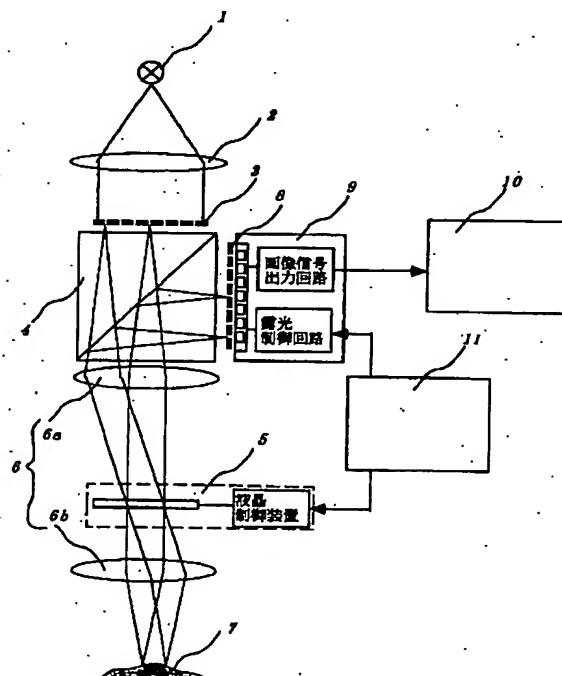
ター内

(54) 【発明の名称】 形状計測装置

(57) 【要約】

【課題】 本発明は、S/Nを悪化させることなく高速にNAを変化させることが可能な形状計測装置を提供することを目的とする。

【解決手段】 液晶を用いた開口数変化手段5により対物レンズ6の絞り径を変化させてNAを制御すると同時に検出器アレイ9の露光時間を変化させることでNAの変化によって結像光量が変わらないようにする。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 合焦情報を利用して光軸方向の物体位置を検出する装置において、独立した開口絞りを持つ対物レンズと、前記対物レンズを通して物体に照明光を照射する照明手段と、前記対物レンズにより集光された物体からの反射光を光電変換する、露光時間が電氣的に制御可能な検出器と、前記検出器から得られた電気信号を解析して物体の対物レンズ光軸方向の位置を演算する信号処理装置と、前記対物レンズの開口絞りの大きさを電氣的に変化させる開口数変化手段と、前記開口数変化手段と前記検出器の露光時間とを制御する制御手段とを有することを特徴とする形状計測装置。

【請求項 2】 開口数変化手段は、対物レンズの開口絞り位置に配置され、2枚の透明電極基板間に液晶分子を挟み込んだ液晶セルと、前記透明電極基板上の透明電極への電圧印加を制御する液晶制御装置とから構成され、前記透明電極基板上の透明電極は少なくとも1種類の開口形状がパターンニングされており、前記液晶制御装置からの透明電極への電圧制御により前記液晶分子の電気光学効果を利用して対物レンズの開口絞りを通過する光を透明電極の形状に応じて遮断、透過することを特徴とする請求項 1 記載の形状計測装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、物体の表面形状計測を行うために用いられる光学装置であり、特に共焦点光学系をもちいて物体の光軸方向の位置を検出する装置に関する。

【0002】

【従来の技術】 共焦点光学系を用いると物体の光軸方向（以下 Z 方向と呼ぶ）の位置（以下高さと呼ぶ）を精度良く計測することが可能である。共焦点光学系の基本構成を図 6 に示す。点光源 601 からでた光は対物レンズ 603 により集光され物体に投影される。物体から反射して再び対物レンズ 603 に入射した光はハーフミラー 602 を介して点光源 601 と光学的に同じ位置にあるピンホール 604 に入射し、ピンホール 604 を通過した光の量が検出器 605 により計測される。これが共焦点光学系の基本的な構造である。このような光学系を用いると物体表面上の点の高さが次のようにして計測できる。物体表面が点光源 601 に共役な位置にある場合、反射光は同じく共役な位置であるピンホール 604 面に収束し多くの反射光がピンホール 604 を通過する。しかし物体表面が点光源に共役な位置から離れると反射光はピンホール 604 から離れた位置に収束することになりピンホール 604 を通過する光量は急速に減少する。この様子を図 5 に示す。この図は光の回折を考慮して描かれているので山の裾野のあたりで波を打っている。

（この図を以下では縦の回折パターンと呼ぶ。）これから物体と対物レンズ 603 との距離を変化させて検出器

605 が最大出力を示す点を見つければ物体表面の高さがわかることになる。以上が共焦点光学系による高さ計測の原理である。

【0003】 ここで述べた高さ計測は点計測であるが、レーザー走査や Nipkow disk 走査により XY 走査を行うか、または上記の共焦点光学系を 2 次元的に配列した 2 次元配列型共焦点光学系を用いれば面的な高さ計測、つまり 3 次元計測が可能となる。検出器 605 の最大出力位置を見つけるためには物体あるいは光学系を光軸方向に連続的に移動するのが一般的であるが、より高速な 3 次元計測のために、光軸方向にステップ的に移動し各ステップ位置で共焦点画像（光軸方向の移動なしで共焦点光学系の XY 走査により得られた画像）を得て、各ステップ毎に得られた共焦点画像間の対応する画素毎に内挿演算により最大出力位置を推定する処理を行う装置が本発明者により特開平 7-176931 号明細書に開示されている。この発明を図 4 を用いて詳細に説明する。

【0004】 2 次元配列型共焦点光学系 401 と検出器 402 とよりなる共焦点撮像系 403 は高速に共焦点画像を得ることができ、得られた共焦点画像は画像処理装置 405 に送られる。画像処理装置 405 は共焦点画像を複数枚記憶する能力を持ち、記憶した共焦点画像を用いて後で述べる高さ演算を実行する。高速焦点移動機構 404 は 2 次元配列型共焦点光学系 401 の焦点面を高速に図中 z1、z2、z3 で示すようにステップ移動させることができる。高速焦点移動機構 404 により焦点面をステップ移動して各ステップ毎の共焦点画像を画像処理装置 405 に記憶する。各共焦点画像の対応する点（同じ座標の点）は図 5 点線で示すように各点における縦の回折パターンをサンプリングしたものである。縦の回折パターンのモデル式は強度 $|V(z)|^2 = (|\sin kz(1 - \cos \theta)| / |kz(1 - \cos \theta)|)^2$ （ここに k は波数、 $\sin \theta$ は対物レンズの開口数（以下 NA と記す）、z は Z 軸座標である）で与えられることがわかっているから、フィッティング演算によりサンプリングした点から最大出力位置を正確に推定できる。画像中の全点に対してこの演算を施すことにより画像全点の高さデータつまり 3 次元データが得られることになる。この装置は物体あるいは光学系を光軸方向に連続的に移動して最大出力位置を見つける方法に比べて、遥かに少ない共焦点画像から精度を大きく落とすことなく 3 次元データを得ることができるため非常に計測時間が短縮できる。この高速性によりこれまで不可能であったオンライン製品外観検査などへの適用が可能となる。

【0005】 この装置では、焦点面のステップ移動の移動ピッチ（以下ステップ距離と呼ぶ）が大きければ高速な計測が可能であるが、ステップ距離が小さくなると効果が薄れてくる。このためできるだけ大きいステップ距

離で計測する必要があるが、このステップ距離は自由に決められるわけではない。図 5 に示す縦の回折パターン of the first dark portion (inner side of the central mountain) で 2 ないし 3 点をサンプリングしなければピーク位置が計算できないため、これがステップ距離の制限になる。ステップ距離の上限を決める縦の回折パターンの山の幅は、上記の式から明らかなように 2 次元配列共焦点光学系 4 0 1 の対物レンズの NA で決定されるから、NA を下げて山の幅を広げればステップ距離を大きくとることができる。しかし、NA を下げてステップ距離を大きくとると上記ピーク推定演算の精度はほぼステップ距離に比例して低下する。つまり、計測精度と計測速度の間にはトレードオフの関係がある。

【発明が解決しようとする課題】

【0 0 0 6】このことから対物レンズの NA は物体の要求計測精度と、要求計測速度から最適な値を決定する必要があるが、対象物体に応じて動的に NA が変化できると便利である。たとえば物体の下部（光軸方向で下の方）は低い精度で計測してもよく、上部（光軸方向で上の方）は高精度に計測したいような場合、NA とステップ距離を上部と下部では変えて計測できればより最適な計測が可能となる。NA を変化させることは対物レンズの絞りの大きさを変化させることで実現可能であるが、この場合 NA の変化に伴って光量が変化することから、小さい NA で得た画像は暗くなり S/N が悪化するという問題が発生する。

【0 0 0 7】そこで本発明は、S/N を悪化させることなく高速に NA を変化させることが可能な形状計測装置を提供することを目的とする。

【0 0 0 8】

【課題を解決するための手段】そこで本発明は、独立した開口絞りを有する対物レンズと、前記対物レンズを通して物体に照明光を照射する照明手段と、前記対物レンズにより集光された物体からの反射光を光電変換する、露光時間が電氣的に制御可能な検出器と、前記検出器から得られた電気信号を解析して物体の対物レンズ光軸方向の位置を演算する信号処理装置と、前記対物レンズの開口絞りの大きさを電氣的に変化させる開口数変化手段と、前記開口数変化手段と前記検出器の露光時間とを制御する制御手段とにより装置を構成する。

【0 0 0 9】上記の開口数変化手段は、対物レンズの開口絞り位置に配置され、2 枚の透明電極基板間に液晶分子を挟み込んだ液晶セルと、前記透明電極基板の透明電極への電圧印加を制御する液晶制御装置とから構成され、前記透明電極基板の透明電極は少なくとも 1 種類の開口形状がパターンニングされており、前記液晶制御装置からの透明電極への電圧制御により前記液晶分子の電気光学効果を利用して対物レンズの開口絞りを通過する光を透明電極の形状に応じて遮断、透過するように構成する。

【0 0 1 0】

【発明の実施の形態】以下、図面を参照して本発明の実施の形態について説明する。図 1 に本発明の実施の形態を示す。まず 2 次元配列型共焦点光学系の構造について簡単に説明する。

【0 0 1 1】照明手段 1 から出た照明光はレンズ 2 により集光され平行光となって、ピンホールアレイ 3 を照射する。ピンホールアレイ 3 のピンホールから射出されるそれぞれの照明光は、ピンホールの回折により広がってハーフミラー 4 を通過してレンズ 6 a とレンズ 6 b とよりなる対物レンズ 6 の絞り位置に配置された開口数変化手段 5 に入射し、光束径が制限される。開口数変化手段 5 の部分については後に詳述する。対物レンズ 6 に入射した照明光は対物レンズ 6 の結像作用を受けてピンホールアレイ 3 の像（スポット）を物体 7 に投影することになる。物体 7 から反射した光は対物レンズ 6 により再び結像作用を受けてピンホールアレイ 8 付近に結像する。ピンホールアレイ 8 はハーフミラー 4 によりピンホールアレイ 3 と光学的に同等な位置にあり、各ピンホールの光軸に垂直な方向の位置関係も全く同等である。ピンホールアレイ 8 の各ピンホールは検出器アレイ 9 の各検出器と 1 対 1 の関係で配置されており、各ピンホールを通過した反射光の強度を各検出器が検出するようになっている。

【0 0 1 2】以上の構造は前述した共焦点光学系（図 6）を 2 次元に配列した構造となっており、各ピンホール、各検出器の役割は前述の共焦点光学系と全く同じである。検出器アレイ 9 からの出力は共焦点光学系の焦点面（物体面）と物体 7 とがある位置関係（光軸方向）にある場合の各検出器の出力を集めて 2 次元化したものと考えられる（このような出力信号を以下では共焦点画像と呼ぶことにする）。2 次元配列型共焦点光学系の焦点面（物体面）と物体 7 との位置関係を変化させて、その度に共焦点画像を信号処理装置 1 0 に記憶しておき、得られた複数の共焦点画像から、信号処理装置 1 0 により信号処理して各画素について最大値を与える画像を求めれば、各画素（＝検出器アレイ 9 の各検出器）毎に共焦点光学系の焦点面（物体面）と物体 7 との位置関係が求まることになり物体の形状計測が可能となる。

【0 0 1 3】対物レンズ 6 の NA は開口数変化手段 5 により変化する。開口数変化手段 5 の詳細を図 2、図 3 を用いて説明する。開口数変化手段 5 はそれぞれ減反射コーティングが施され、互いに直交ニコルの関係にある偏光子 2 1 と検光子 2 2 の間に、透明電極基板 2 3、2 4 間にねじれネマティック（以下 TN とする）液晶 2 5 を挟み込んだ液晶セル 2 7 を配置した構造となっている。透明電極基板 2 3、2 4 には図 3 に示すような同心円状の複数のセグメント電極が付されている。透明電極は酸化インジウム（ITO）膜であり、光を透過しかつ導電性を持つもので、TN 液晶 2 5 のしきい値電圧を超える

電圧を各電極それぞれ個別に、液晶制御装置 26 により印加できるようになっている。TN 液晶 25 は、一方の電極から他方の電極にかけて液晶分子が 90 度ねじれた配向となっており、偏光子 21 の偏光方向と偏光子 21 側の液晶分子の長軸方向とを一致させておけば、偏光子 21 を通って直線偏光となった光は液晶内で液晶分子のねじれに沿って 90 度旋光し検光子 22 を透過する。液晶制御装置 26 により透明電極に電圧を加えると液晶分子のねじれは解消され偏光子 21 を通った光は旋光せずにそのまま液晶内を通り抜けることになり、この場合光は検光子 22 を透過できない。このような遮光作用は電圧が印加されている透明電極パターン部でのみ起こるため、液晶制御装置 26 により開口数変化手段 5 の開口部（光透過部）の大きさを電気的に変化させることができるようになる。開口数変化手段 5 は対物レンズ 6 の絞り位置に配置されているため開口部の大きさが変わることは絞りの大きさが変わることに対応し、結果として対物レンズ 6 の NA が制御できることになる。

【0014】次に検出器アレイ 9 について説明する。検出器アレイ 9 は現在 2 次元検出器として最も一般的な CCD センサ内蔵のテレビカメラであり外部から制御可能な電子シャッター機能を有している。この機能について説明する。CCD センサは一般に光電変換部と電荷転送部から構成されている。光電変換部は受光した光を電荷に変えて一時的に蓄積し、制御信号により蓄積した電荷をすべて電荷転送部に掃き出した新たな光電荷蓄積を開始する。電荷転送部は光電変換部から掃き出された電荷を転送しシリアルに出力する。CCD センサから出力された信号はテレビカメラ内の画像信号出力回路によりテレビ信号形式に変換され信号処理装置 10 に出力される。電子シャッターは露光開始信号によりそれまで光電変換部で蓄積した電荷を電荷転送部へ排出し、新たな光電荷蓄積を開始し、露光終了信号により露光開始信号から露光終了信号までに蓄積した電荷を再び電荷転送部へ掃き出しその電荷を電荷転送部、電荷読み出し部を通してテレビ信号として出力する機能である。本発明では露光開始信号と露光終了信号を制御手段 11 により制御することで任意のタイミングで、かつ任意の露光時間で画像を得ることができる。

【0015】計算によりあるいは実験により開口数変化手段 5 の液晶セル 27 の開口サイズと露光時間の関係を求めておき、開口数変化手段 5 の液晶セル 27 の開口サイズと検出器アレイ 9 の露光時間を制御手段 11 により制御することで NA を変化させても光量（画像の明るさ）が変化しないようにする事が可能である。しかも、開口数変化手段 5 の液晶材料として高速な応答のものを

用いればリアルタイム（1/30 秒毎）に開口数を変化させ、光量は一定とすることが可能となる。

【0016】この例では開口数変化手段 5 として液晶の旋光性を利用したもの（TN 液晶）を用いたが、各セグメント透明電極ごとに遮光、透過が切り替えることができれば他の液晶であってもよい。例えば、液晶の複屈折性（電界制御複屈折効果）を用いても全く同様のことが実現できるし、また偏光子 21、検光子 22 による光量低下が問題となるような場合は、液晶の動的散乱効果を用いて液晶だけで遮光、透過を行うこともでき、この場合偏光素子を用いる必要はない。

【発明の効果】本発明によれば、たとえば物体の下部（光軸方向で下の方）は低い精度で計測してもよく、上部（光軸方向で上の方）は高精度に計測したいような場合、NA とステップ距離を上部と下部でリアルタイムに変えて、かつ光量が変化しないように（つまり S/N を悪化させることなく）計測することが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明の実施の形態を示した図である。

【図 2】本発明の実施の形態の開口数変化手段を説明するための図である。

【図 3】本発明の実施の形態の液晶の透明電極パターンを説明するための図である。

【図 4】本発明の従来技術を説明するための図である。

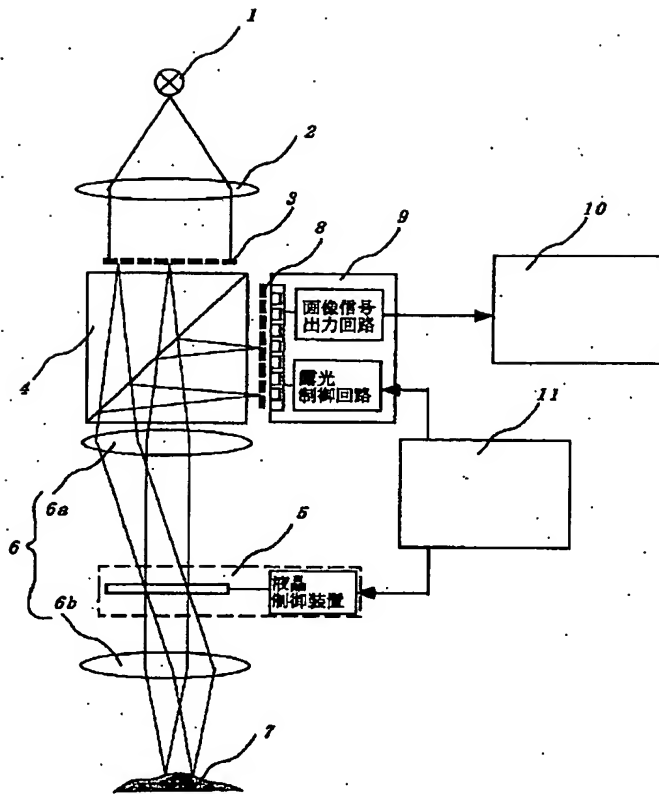
【図 5】共焦点光学系における物体の Z 座標位置変化に対する特性を示す図である。

【図 6】共焦点光学系を説明するための図である。

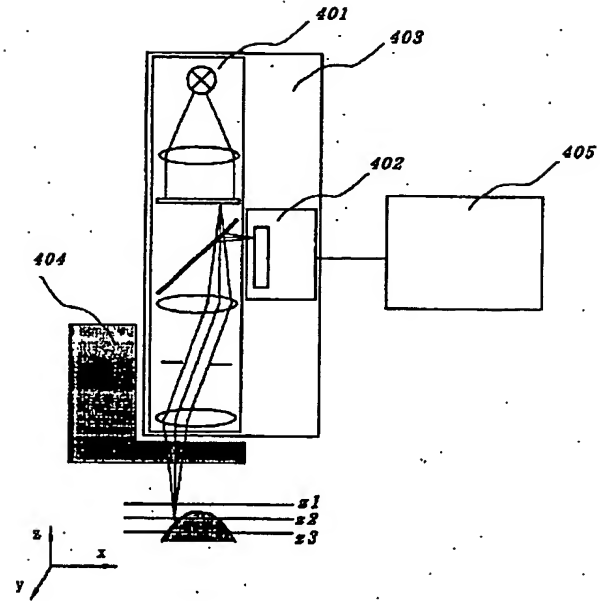
【符号の説明】

- | | |
|----|----------|
| 1 | 照明手段 |
| 2 | レンズ |
| 3 | ピンホールアレイ |
| 4 | ハーフミラー |
| 5 | 開口数変化手段 |
| 6 | 対物レンズ |
| 7 | 物体 |
| 8 | ピンホールアレイ |
| 9 | 検出器アレイ |
| 10 | 信号処理装置 |
| 11 | 制御手段 |
| 21 | 偏光子 |
| 22 | 検光子 |
| 23 | 透明電極基板 |
| 24 | 透明電極基板 |
| 25 | TN 液晶 |
| 26 | 液晶制御装置 |
| 27 | 液晶セル |

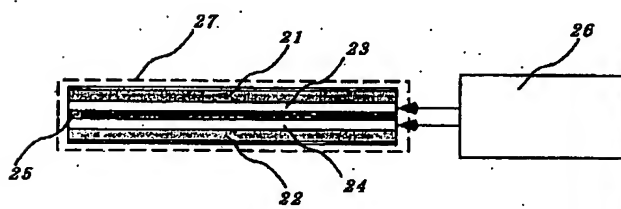
【図 1】



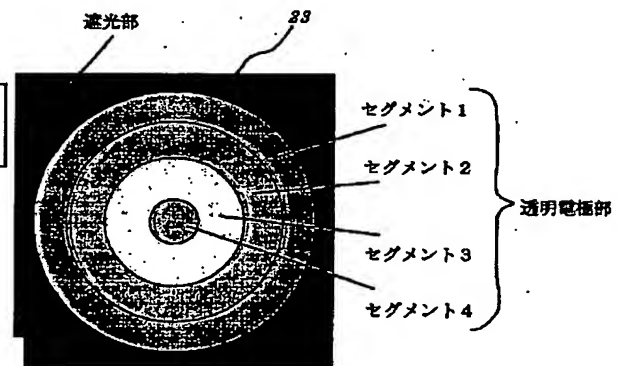
【図 4】



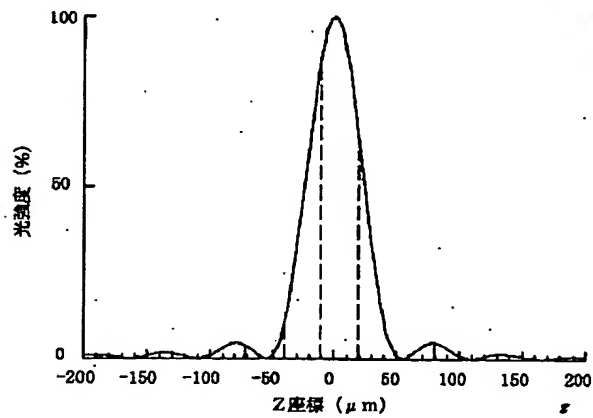
【図 2】



【図 3】



【図 5】



【図 6】

